

PERENCANAAN DERMAGA PELABUHAN PETI KEMAS MALOY DI KUTAI TIMUR

Herman Parung¹, Ariningsih Suprati², Dian Pranata P. A.³

Abstrak:

Perencanaan pelabuhan peti kemas Maloy di Kutai Timur adalah untuk menciptakan perkembangan ekonomi yang lebih baik sebagai salah satu kawasan industri serta sistem transportasi yang lebih baik pula. Kawasan Maloy membutuhkan sebuah pelabuhan peti kemas yang dapat menghubungkan kawasan ini ke tempat-tempat yang lainnya dengan membawa berbagai hasil sumber daya alam. Untuk membuat sebuah pelabuhan, hal pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan sejumlah survey. Survey-survey tersebut diantaranya adalah pemetaan wilayah, pasang surut, analisis angin dan gelombang, serta penyelidikan tanah. Semua survey tersebut harus dilakukan untuk perencanaan yang baik. Kapal yang akan berlabuh di pelabuhan ini adalah kapal peti kemas 40.000 DWT sehingga membutuhkan panjang dermaga 300 m dan lebarnya 30 m. Dari hasil analisis pasang surut dan gelombang, diperoleh elevasi deck dermaga adalah 5 m di atas permukaan laut. Jenis dermaga yang digunakan adalah jetty, yang berarti kedalaman air yang dibutuhkan berada jauh dari garis pantai. Dari hasil perhitungan semua pembebanan dengan menggunakan program SAP2000, dermaga ini menggunakan beton bertulang untuk struktru utamanya. Untuk pondasi, dermaga menggunakan tiang pancang tipe “ASTM A252 Spiral Welded Pipe”. Ada 4 dimensi tiang pancang yang digunakan yaitu; 700mm, 800mm, 900mm, dan 1000mm. jenis fender yang digunakan untuk dermaga adalah fender karet “SCN 1000” yang dapat mempertahankan 34,45 ton energy dan bollard yang digunakan adalah bollard berkapasitas 100 ton.

Kata kunci: Survey pasang surut, analisis angin dan gelombang, penyelidikan tanah, beton bertulang, jetty, kapal peti kemas 40.000 DWT

Abstract:

Maloy cargo port planning at East Kutai is to create a better economical development as an industrial region and better transportation system. Maloy region need a cargo port that's connect this region to the other places with carrying a variety of natural resources. To create a port, first assignment is to make a several surveys. Which is area mapping, tidal, water level, wind and waves analysis and also soil investigation. All of this surveys must be done to make a plan well. The ship that will berth at the port is cargo ship that has a 40.000 DWT so it needs 300 m length and 30 m wide. From the tidal and waves analysis, resulting the level for the port is 5 m above the sea level. The type for the port is jetty, it mean the water level that qualify for the ship is far from the coast line. From the result of all the load in the pier calculating by SAP2000 program, this pier use a reinforced concrete for the main structure. The foundation of this port is using “ASTM A252 Spiral Welded Pipe” pile. For the pier, it use 4 dimension of pile; 700mm, 800mm, 900mm, and 1000mm pile. Fender type that is use for the port is “SCN 1000” rubber fender that maintain 34,45 tons energy and bitt that is use for the port is 100 tons bitt's capacity.

Keywords: Tidal Survey, wind and waves analysis, soil investigation, reinforced concrete, jetty, 40.000 DWT cargo ship.

PENDAHULUAN

Kalimantan Timur merupakan propinsi yang mempunyai sumber daya yang sangat menjanjikan, baik dari sisi tambang atau sumber daya perkebunan. Kawasan Maloy menjadi perhatian pemerintah setempat karena merupakan kawasan khusus yang akan di kembangkan menjadi wilayah industri dan pelabuhan internasional.

Saat ini kawasan maloy telah mempunyai pelabuhan yang terletak di sangkulirang. Pelabuhan ini hanya mampu melayani kapal dengan kapasitas maksimal 5000 DWT.

Keterbatasan ini memberikan kesempatan untuk mengembangkan wilayah maloy dengan pembangunan dermaga yang lebih besar bahkan berskala internasional. Pelabuhan ini adalah pelabuhan CPO yang

terletak di Kaliorang, pelabuhan Cargo dan Peti Kemas di Teluk Golok, serta pelabuhan Batubara di Pulau Miang Besar.

Mempertimbangkan hal di atas, Dalam Rencana Induk Pelabuhan Maloy, ditetapkan bahwa terdapat beberapa terminal yang akan dikembangkan di Pelabuhan Maloy, yaitu Terminal Batu Bara, Terminal CPO dan Terminal Kargo (*container*). Terminal batubara, diproyeksikan akan dikelola oleh Badan Usaha Swasta, dan perencanaan serta pembangunannya murni dana dari investor. Sedangkan Terminal CPO dan Kargo / Kontainer, akan dikelola dengan kerjasama pengelolaan pemerintah dan swasta (*Public-Private Partnership*). Terminal CPO (Sisi Darat dan Laut) telah memiliki perencanaan (DED dan Amdal), sedangkan terminal kargo/kontainer belum memiliki perencanaan. Oleh karena itulah, dalam tahun Anggaran 2013, dilakukan Perencanaan Terminal Peti Kemas.

METODOLOGI

Adapun metode penelitian yang akan dilakukan untuk merencanakan dermaga pelabuhan peti kemas maloy sebagai berikut:

1. Topografi dan Bathimetri
 - a. Survey Kondisi Area Lahan Rencana
 - b. Survey Kedalaman Laut (*echo sounding*)
2. Analisis Pasang Surut
 - a. Konstanta Pasang Surut
 - b. Tipe Pasang Surut
 - c. Elevasi Muka Air
3. Analisis Gelombang
 - a. Pengolahan Data Angin
 - b. Peramalan Gelombang
4. Survey Penyelidikan Tanah
5. Struktur Dermaga

Topografi dilakukan untuk mendapatkan dan mengetahui kondisi topografi (tinggi rendah daratan, informasi alam, bangunan) yang ada dan lain-lainnya. Hasil-hasil survey ini akan digunakan untuk menentukan posisi lokasi bangunan dermaga yang akan dikembangkan, sehingga aman terhadap gangguan baik oleh alam maupun oleh penduduk setempat. Kemudian dipasang *Bench Mark* sebagai tanda lokasi perencanaan pelabuhan.

Pemeruman atau *sounding* dilakukan untuk mengetahui kedalaman dan bentuk dari

permukaan laut yang meliputi areal seluas ± 40 Ha. Pengetahuan mengenai profil bawah laut berguna dalam tinjauan daerah perairan yang menyangkut luas, kedalaman perairan, alur pelayaran, penambatan, tempat labuh dan kemungkinan pengembangan dimasa mendatang.

Tujuan pengamatan gelombang pasang-surut adalah untuk mengetahui elevasi muka air minimum dan maksimum di lokasi studi yang kemudian akan digunakan sebagai dasar perencanaan elevasi bangunan pantai, dalam hal ini pelabuhan. Pengamatan pasang-surut dimulai dengan meletakkan rambu pengamatan (*peilshcaal*) pada lokasi yang mudah diamati dasar *peilschaal* harus berada di bawah muka air surut terendah serta dipasang dengan kokoh sehingga berada tidak mudah mengalami perubahan posisi akibat kondisi alam. Puncak *peilschaal* harus berada di atas batas maksimum pasang yang mungkin terjadi.

Pergerakan angin mengakibatkan gaya pada bangunan, termasuk pelabuhan. Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang merupakan data dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Tipe data adalah data bulanan maksimum selama 10 tahun

Pekerjaan penyelidikan tanah dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran kondisi litologi profil geoteknis tanah di lokasi pekerjaan pembangunan dermaga dan bangunan pendukung lainnya. Selanjutnya data dan hasil penyelidikan disampaikan sebagai data acuan pada saat perencanaan fondasi suatu bangunan. Pada perhitungan struktur dermaga. Penulis melakukan perencanaan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 V.14. Langkah pertama yang dilakukan adalah memasukkan model Grid dan memilih jenis satuan yang akan dipakai pada perhitungan. Kemudian setelah itu direncanakan material yang akan digunakan pada struktur serta jenis tulangan. Kemudian ditentukan section properties yang akan digunakan. Setelah itu digambarlah bentang struktur yang akan direncanakan, dalam hal ini adalah struktur dermaga rencana. Setelah itu dimasukkan pula jenis pembebanan yang berlaku dan jenis kombinasi pembebanannya. Apabila sudah dilaksanakan maka dilakukan "Run" pada aplikasi tersebut sehingga ada hasil perhitungan momen negatif maksimum dan momen positif maksimum. Setelah didapatkan momen positif maksimum dan

momen negatif maksimum maka dilakukanlah perhitungan untuk tulangan struktur dermaga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

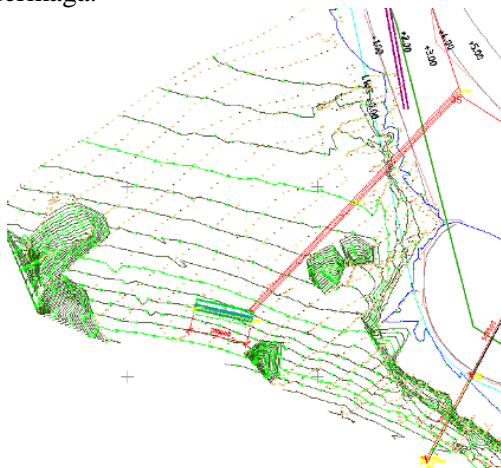
Hasil Pengukuran Topografi dan Bathimetri

Tabel 1 menunjukkan 2 patok BM yang akan di pasang di lokasi pelabuhan rencana. Setelah patok dipasang, maka dilakukan pengukuran topografi dan titik BM diplot menggunakan GPS.

Tabel 1. Koordinat BM

Patok/ Titik	Koordinat		
	X	y	Z
BM 01	603754,3899	89626,3449	3,79
BM 02	603770,0434	89609,0882	3,65

Gambar 1 merupakan potongan gambar hasil pengukuran bathimetri di sekitar lokasi perencanaan. Pada hasil pengukuran terlihat bahwa disekitar lokasi perencanaan, kedalaman laut hasil pengukuran di bibir pantai sekitar 2-3 meter. sedangkan untuk kedalaman 13-14 meter, jarak dari bibir pantai berkisar 12,5 kilometer. penentuan letak dermaga akan ditentukan berdasarkan karakteristik kapal yang akan sandar di dermaga.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Bathimetri

Analisis Pasang Surut

Perekaman pasang surut dilakukan untuk mengetahui posisi atau kedudukan muka air di daerah perairan survey, baik untuk kedudukan air tinggi (HWS), muka air rerata (MSL) dan kedudukan air rendah (LWS).

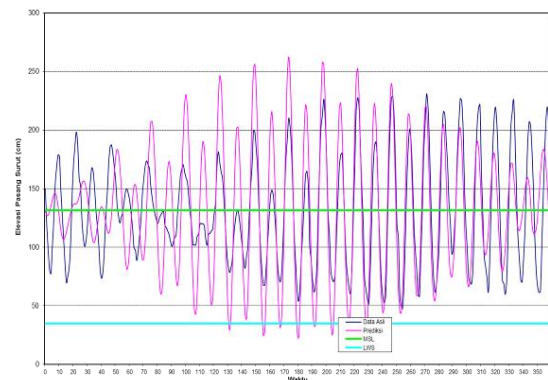
Data mentah pasang surut diolah dengan pemisahan komponen menggunakan metode

Admiralty. Pada metode ini terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam bentuk skema. Terdapat 7 skema dalam pelaksanaan langkah analisis menggunakan Metode Admiralty.

Kemudian dari hasil 7 skema tersebut didapatkan hasil konstanta peramalan pasang surut yang terdapat pada Tabel 2 dan Gambar 2

Tabel 2. Konstanta pasang surut menggunakan metode Admiralty

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
A (cm)	131	50	46	4	12	9	3	3	13	4
g^0	0	343	198	341	247	111	271	133	198	247



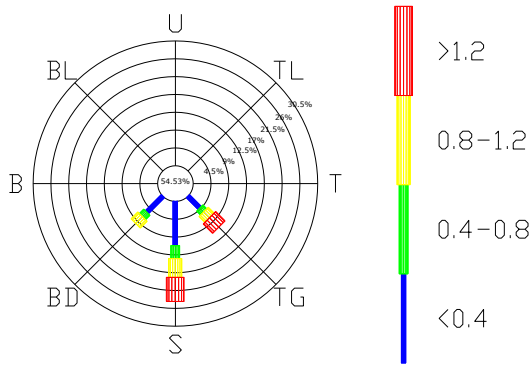
Gambar 2. Grafik Prediksi Pasang Surut Maloy Menggunakan Metode Admiralty

Peramalan Gelombang

Dari proses hindcasting didapatkan data gelombang beserta periodanya sebanyak data angin yang dimiliki. Untuk keperluan perhitungan tinggi gelombang rencana, dari data gelombang tersebut dipilih data gelombang maksimum per arah seperti yang disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 3 berikut:

Tabel 3. Tinggi dan Periode Gelombang Pecah Maksimum

T_r (tahun)	Tenggara		Selatan		Barat Daya	
	H_{m_0} (m)	T_s (dtk)	H_{m_0} (m)	T_s (dtk)	H_{m_0} (m)	T_s (dtk)
200	1.20	4.86	1.84	6.01	1.71	5.80
100	1.19	4.84	1.69	5.76	1.54	5.50
50	1.19	4.84	1.58	5.57	1.38	5.21
25	1.19	4.84	1.51	5.45	1.22	4.90
10	1.18	4.82	1.45	5.34	1	4.43
5	1.17	4.80	1.44	5.32	0.82	4.02
3	1.15	4.75	1.44	5.32	0.69	3.68
2	1.14	4.73	1.43	5.30	0.56	3.32
1	1.03	4.50	0.88	4.16	0.21	2.03

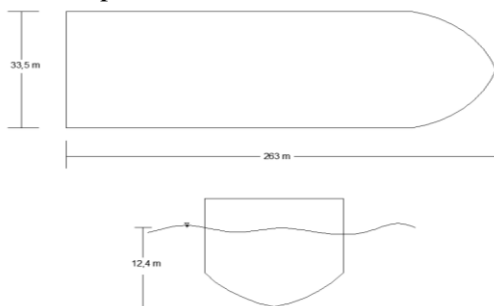


Gambar 3. Waverose Berdasarkan Hasil Peramalan Gelombang

Karakteristik Kapal Desain

Dermaga Pelabuhan Peti Kemas Maloy direncanakan akan melayani kapal peti kemas 40.000 DWT (Gambar 4). Berikut adalah data kapal yang akan digunakan pada proses desain dermaga Pelabuhan Peti Kemas Maloy.

Tipe kapal	: Kapal Peti Kemas
Tonase	: 40.000 DWT
Panjang (Loa)	: 263 m
Lebar	: 33,5 m
Draft penuh	: 12,4 m



Gambar 3. Karakteristik Kapal Desain

Tipe Dermaga

Tipe dermaga yang dipilih yaitu berbentuk jetty. Dermaga ini dibangun bila garis kedalaman jauh dari pantai dan perencana tidak menginginkan adanya pergerukan kolam pelabuhan yang besar. Antara dermaga dan pantai dihubungkan dengan jembatan penghubung (*approach trestle*) sebagai penerus dari pergerakan barang. Jembatan penghubung dapat ditempatkan di tengah, di sisi atau kombinasi.

Untuk jenis struktur yang digunakan adalah *Deck On Pile*. Struktur *Deck On Pile* menggunakan tiang pancang sebagai pondasi bagi lantai dermaga. Seluruh beban di lantai dermaga diterima sistem lantai dermaga dan tiang pancang tersebut.

Elevasi Dermaga

Untuk menentukan elevasi bangunan, terlebih dahulu ditentukan elevasi muka air laut rencana yang akan ditambahkan dengan tinggi jagaan.

Elevasi muka air laut rencana merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu: pasang surut (MHWL), *wave setup* (Sw) dan pemanasan global (SLR).

Berdasarkan pengamatan pasang surut diperoleh HAT = 2,354 m, dari elevasi 0,00 (LAT)

Hb = 1,84 m (diambil dari gelombang rencana pada periode 200 tahun)

Periode gelombang, T = 6,01 dtk

Maka Sw = 0,209 m

Berdasarkan grafik pada buku Teknik Pantai, Bambang Triatmojo, 1999 hal. 115, diperoleh tinggi muka air akibat pemanasan global (SLR) = 0,2 m

Jadi elevasi tinggi bangunan dengan memperhitungkan tinggi kebebasan adalah 2,00 m, adalah 4,763 m \approx 5,00 m dari elevasi LAT

Panjang Dermaga

Panjang dermaga untuk satu tambatan, yaitu sama dengan panjang kapal terbesar yang menggunakan dermaga ditambah masing-masing 10% panjang kapal di ujung hulu dan buritan kapal.

$$L_p = L_o + 20\% L_o \\ = 263 + 0,2(263) = 300 \text{ m}$$

Analisis Pembebanan Dermaga

Untuk merencanakan struktur dermaga, terlebih dahulu harus dilakukan analisis pembebanan dermaga. Untuk analisis ini, digunakan program SAP2000 v.14. hasil yang ingin didapatkan pada analisis pembebanan dermaga ialah momen positif maksimum dan momen negatif maksimum. Adapun pembebanan yang dianalisis pada struktur dermaga sebagai berikut:

1. Beban Mati
2. Beban Hidup
3. Beban Berjalan
4. Beban Angin
5. Beban Gelombang
6. Beban Gempa
7. Beban Berthing
8. Beban Mooring

Setelah itu dilakukanlah kombinasi pembebanan yaitu sebagai berikut:

- a. 1,2 DL + 1,6 LL

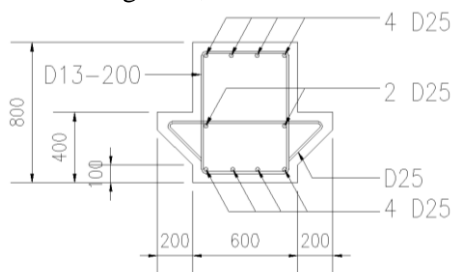
- b. $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ Hs}$
- c. $1,2 \text{ DL} + 30\% \text{ LL} + \text{Hs}$
- d. $0,75(1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6 \text{ Hb})$
- e. $0,9 \text{ DL} + 1,3 \text{ Hb}$
- f. $0,75(1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,6(\text{Hw} + \text{Hc}) \text{ max})$
- g. $0,9 \text{ DL} + 1,3(\text{Hw} + \text{Hc}) \text{ max}$
- h. $1,05(\text{DL} + 50\% \text{ LL} + \text{Hg})$

DL = beban mati
 LL = beban hidup
 Hs = beban tambat
 Hb = beban tarik
 Hw = beban angin
 Hc = beban arus
 Hg = beban gempa

Perencanaan Balok Dermaga

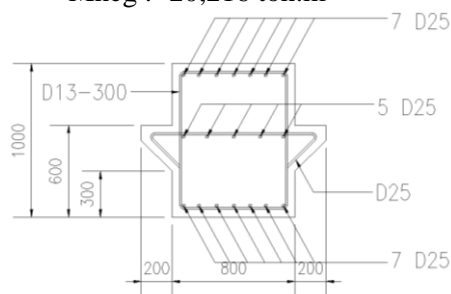
Terdapat 3 tipe balok dermaga yang direncanakan yang kemudian disimulasikan pada program SAP2000 v.14 untuk memperoleh Mpos dan Mneg maksimal untuk tiap tipe balok. Setelah diperoleh momen-momen maksimal untuk tiap balok, kemudian dilakukan perhitungan untuk penulangan balok dengan mutu beton $f'c=33,2 \text{ MPa}$ dan mutu baja $f_y=320 \text{ MPa}$

1. Balok Ukuran 80x60 cm
 - Mpos : 14,978 ton.m
 - Mneg : -15,236 ton.m



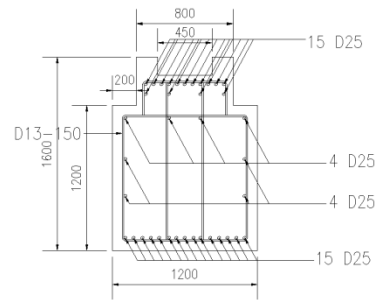
Gambar 4. Detail penulangan balok ukuran 80x60 cm

2. Balok Ukuran 100x80 cm
 - Mpos : 21,095 ton.m
 - Mneg : -20,216 ton.m



Gambar 5. Detai penulangan balok ukuran 100x80 cm

3. Balok Ukuran 160x120 cm
 - Mpos : 33,985 ton.m
 - Mneg : -35,561 ton.m



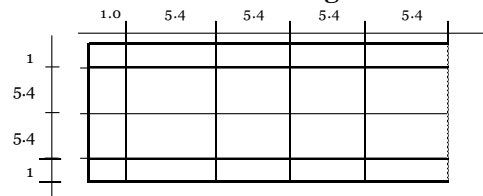
Gambar 6. Detail penulangan balok ukuran 160x120 cm

Dari perhitungan struktur untuk balok melintang dan balok memanjang dermaga maka didapatkan penulangan dermaga yang ditampilkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Tabel Rekapitulasi Penulangan pada Balok Dermaga

Tipe Balok	Tul. Utama		Tul. Geser
Balok Memanjang 80x60cm	4 D 25	M (-)	D13-200
	4 D 25	M (+)	
Balok Melintang 100x80cm	7 D 25	M (-)	D13-300
	7 D 25	M (+)	
Balok Crane 160x120cm	17 D 25	M (-)	D13-150
	17 D 25	M (+)	

Perencanaan Lantai Dermaga



Gambar 4. Denah Lantai Dermaga

Lantai dermaga terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan:

- Tebal pelat = 40 cm
- Mutu beton = 33,2 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 320 Mpa

Tabel 5. Perhitungan pembebanan 1,2 DL + 1,6 LL pada lantai dermaga

Momen	Berat Sendiri	Beban Merata	Truck	Beban Rencana
MLx	0,6185	1,2247	2,3647	5,7968
MLy	0,6185	1,2247	2,6755	6,2941
Mtx	-1,5315	-3,0326	-4,1437	-11,6151
Mty	-1,5315	-3,0326	-3,8663	-11,1712

Dari perhitungan struktur untuk lantai dermaga (Gambar 4) maka didapatkan rekapitulasi tulangan untuk lantai dermaga sebagai berikut:

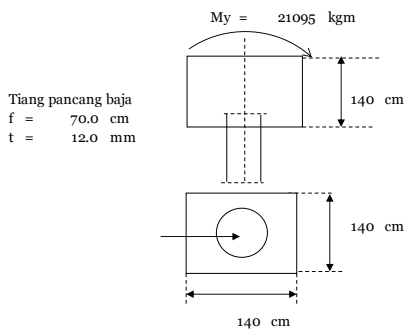
Tabel 4. Rekapitulasi penulangan Lantai Dermaga

Penulangan Lantai	Tulangan	Ket.
Tumpuan	D19-150	M(-)
Lapangan	D19-150	M(+)

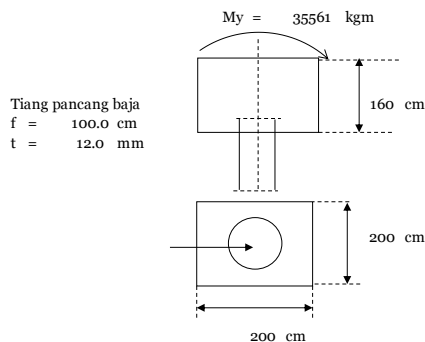
Perhitungan Poer Dermaga

Penulangan poer dermaga dianalisa berdasarkan gaya-gaya maksimum yang bekerja pada balok tertumpu pada poer tunggal. Ada tiga tipe poer yang digunakan pada dermaga yaitu:

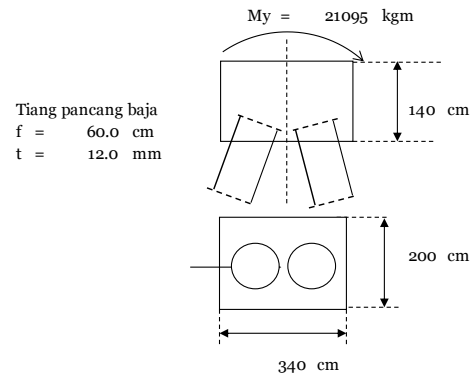
1. Ukuran 140 x 140 x 140 cm



2. Ukuran 200 x 200 x 160 cm



3. Ukuran 200 x 340 x 140 cm



Berdasarkan perhitungan struktur untuk poer dermaga, didapatkan tulangan yang ditampilkan pada berikut

Tabel 5. Penulangan Poer Dermaga

Poer Dermaga	Tul. Utama	Tul. Geser
140x140x140cm	17 D25	D13-200
200x200x160cm	27 D 25	D13-150
200x340x140cm	24 D 25	D13-100

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Analisis mekanika teknik menggunakan program berbasis elemen hingga dengan tinggi struktur diambil dari titik jepit (*point of fix*) ke elevasi tertinggi dari struktur (pelat lantai).

Perhitungan letak titik jepit tanah terhadap tiang pancang untuk tanah normally consolidated clay dan granular soil, digunakan persamaan:

$$Z_f = 1.8 T$$

Dengan

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

E = modulus elastisitas tiang pancang

I = inersia tiang pancang

Nh = 350 – 700 kN/m³, untuk *soft normally consolidated clays*

Diambil nh = 350 kN/m³ = 0.035 kg/cm³

Jadi letak titik jepit terhadap tanah berdasarkan nilai SPT untuk:

- Tiang pancang baja Ø 1000 mm, maka nilai $Z_f = 4,38$ m
- Tiang pancang baja Ø 900 mm, maka nilai $Z_f = 4,15$ m
- Tiang pancang baja Ø 800 mm, maka nilai $Z_f = 3,91$ m
- Tiang pancang baja Ø 700 mm, maka nilai $Z_f = 3,65$ m

Tabel 8. Rekapitulasi Gaya Aksial Maksimum, Gaya Geser Minimum, dan Momen Maksimum Pada Tiang

No	Struktur Pondasi Tiang	Gaya Aksial		Gaya Geser	Momen
		Tekan ton	Tarik ton		
1	TP100	237,52	-193,08	0,42	39,98
2	TP70	128,06	-48,14	1,31	13,97
3	TP80	137,40	-89,30	0,25	7,39
4	TP90	164,30	-80,29	0,53	10,08

Tabel 9. Tabel Kontrol Tiang Pancang terhadap Defleksi

No	Pondasi Struktur	D cm	t cm	W cm ³	I cm ⁴	Z _x m	e m	M _{ult} kN m	H _{ult} kN	Y _{maks} cm	Y _{yd} cm
1	TP100	100,0	1,40	10542	527116	4,4	16,0	1686,8	165,5	11	2,6
2	TP90	90,0	1,40	8499	382470	4,2	16,0	1359,9	135,0	12	2,6
3	TP80	80,0	1,40	6676	267050	3,9	16,0	1068,2	107,3	13	2,6
4	TP70	70,0	1,40	5073	177558	3,7	16,0	811,7	82,6	15	2,6

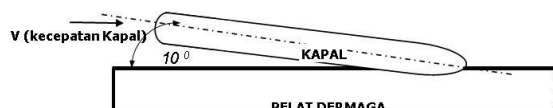
Tabel 10. Kontrol Terhadap Tekuk, Momen Tahanan Tiang, Gaya Horizontal Ultimate, dan Kekuatan Bahan

No	Pondasi Struktur	D cm	t cm	A cm ²	Z _f +e m	P _{cr} ton	P _{aktual} ton	SF P _{cr} /P	M _{ult} t m	M _{aktual} t m	SF M _{ult} /M _{aktual}	H _{ult} ton	H _{aktual} ton	SF H _{ult} /H _{aktual}
1	TP100	100	1,40	7854	20,4	2553	238	10,7	168,7	40,0	4,2	16,6	0,4	39,6
2	TP90	90,0	1,40	6362	20,2	1895	164	11,5	136,0	10,1	13,5	13,5	0,5	25,5
3	TP80	80,0	1,40	5027	19,9	1356	137	9,9	106,8	7,4	14,5	10,7	0,3	42,2
4	TP70	70,0	1,40	3848	19,7	925	128	7,2	81,2	14,0	5,8	8,3	1,3	6,3

Berdasarkan hasil perhitungan di atas disimpulkan bahwa material tiang pancang baja mampu menahan beban-beban yang bekerja

Perencanaan Fender

Fender direncanakan menahan kapal peti kemas besar yang berukuran 40.000 DWT. Dalam perencanaan fender dianggap bahwa kapal dengan muatan penuh merapat ke dermaga dengan membentuk sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.



Gambar 8. Sudut Benturan Kapal Terhadap Dermaga

Dari keseluruhan data tersebut didapat besar energi benturan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{WV^2}{2g} \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \\
 &= 49331 \frac{0,15^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 0,4 \cdot 1,27 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \\
 &= 28,126 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Maka energi yang diterima oleh dermaga yaitu 28,126 ton.m dari energi benturan tersebut digunakan fender karet “SCN 1000” dengan data sebagai berikut:

Kapasitas = 66,56 ton

Energi = 34,35 ton.m

Luas Kontak 0.32 m²

Jarak maksimum antar fender:

$$\begin{aligned}
 L &= 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \\
 &= 2\sqrt{16,75^2 - (16,75 - 1,5)^2} \\
 &= 13,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diambil jarak antar fender 10,8 m tepat pada jalur balok melintang dengan jumlah fender sebanyak 6 buah

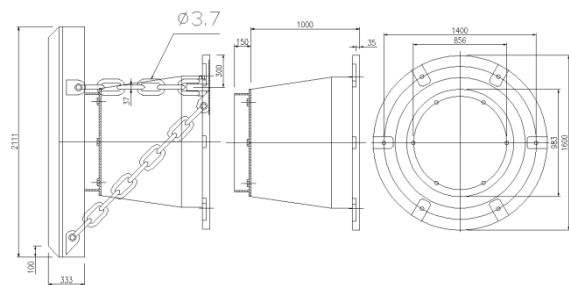
Perencanaan Balok Fender

Ukuran balok fender yaitu 60 x 100 cm dengan panjang bidang kontak 2,0 m dan gaya reaksi 67,5 ton. Maka momen yang terjadi pada fender sebesar 238038,137 kg.m

Dari momen yang terjadi pada fender, dilakukan perhitungan tulangan dan didapatkan rekapitulasi perhitungan tulangan sebagai berikut

Tabel 11. Rekapitulasi Penulangan Balok Fender

Tipe Balok	Tul. Utama	Tul. Geser
Balok Fender 60x100 cm	21 D 25	D25-250



Gambar 9. Detail fender rencana

Perencanaan Bollard

Dalam merencanakan bollard disarankan agar tinggi bitt tidak melebihi 50 cm di atas lantai dermaga. Hal ini dilakukan agar tidak mengganggu kelancaran arus naik turun peti kemas di dermaga.

Gaya tarik yang bekerja pada bitt diperhitungkan sebesar 100 ton. Bahan bollard digunakan baja dengan kuat izin yang sama, yaitu $f_y = 320$ MPa. Jarak dan jumlah bitt minimum untuk beberapa ukuran kapal yang diisyaratkan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 12. Penempatan bollard

Ukuran Kapal (GRT)	Jarak Maksimum (m)	Jumlah Minimal Tambahan
< 2.000	10 -15	4
2.001 – 5.000	20	6
5.001 – 20.000	25	6
20.001 – 50.000	35	8
50.001 – 100.000	45	8

Bollard direncanakan sebanyak 12 buah dengan jarak antar bollard 25 m.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil analisis pasang surut ditentukan elevasi struktur dermaga yaitu +5,00 m dari LAT.
2. Tipe dermaga yang direncanakan adalah *Deck on Pile* dengan dimensi dermaga 300 m x 30 m yang terbagi atas 6 bagian 50 m x 30 m.
3. Untuk penulangan balok, terdapat 3 tipe balok yang digunakan yaitu:
 - a. Balok 60 x 80 cm, dengan tulangan utama 4 D 25 dan tulangan geser D13-200 mm.
 - b. Balok 80 x 100 cm, dengan tulangan utama 7 D 25 dan tulangan geser D13-300 mm.
 - c. Balok 120 x 160 cm, dengan tulangan utama 17 D 25 dan tulangan geser D13-150 mm.
4. Tiang pancang yang digunakan jenis pipa baja standar ASTM A252 *Spiral Welded Pipe*. Pada struktur dermaga digunakan 4 jenis tiang pancang dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Tiang Pancang Diameter 1000 mm
 - b. Tiang Pancang Diameter 900 mm
 - c. Tiang Pancang Diameter 800 mm
 - d. Tiang Pancang Diameter 700 mm
5. Fender yang digunakan adalah fender karet *SCN 1000* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas, R = 66,56 ton
Energi, E = 34,45 ton.m

Direncanakan jarak antar fender 10,8 m tepat pada jalur balok melintang dengan jumlah fender sebanyak 6 buah
6. Direncanakan bollard dengan kapasitas 100 ton. Bollard

direncanakan sebanyak 12 buah dengan jarak antar bollard 25 m.

Saran

1. Permodelan sedimentasi tidak dilakukan, dalam perencanaan pelabuhan yang menyeluruh permodelan sedimentasi ini sangat dibutuhkan.
2. Sebaiknya dilakukan perhitungan tentang tingkat keekonomisan perencanaan dengan membandingkan beberapa alternatif perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anandika, Arya. 2005. *Kajian Kedalaman Minimum Tiang Pancang Pada Struktur Dermaga Deck on Pile*. Institut Teknologi Bandung
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Eresco.
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung : Penerbit ITB.
- Pramanto, Renny. 2011. *Perencanaan Struktur Gedung Pusat Niaga Malili Kabupaten Luwu Timur*. Universitas Hasanuddin
- RSNI T-02-2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI T-15-1991-2003. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1726-2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Standards For Port And Harbour Facilities in Japan*. Tokyo, Japan. 2002.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset .
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta : Beta Offset.